

## 한반도 남부의 지역규모식 검토

신진수 · 지현철 · 조창수

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

### Review on $M_L$ Scales in Southern Korea

Jin Soo Shin · Heon Cheol Chi · Chang-Soo Cho

Geological & Environmental Hazards Div., KIGAM, Korea

**요 약** 한반도 남부의 지진으로부터 Richter의 원래 정의에 따라 유도된 지역규모식들을 검토하였다. 이들 지역규모식들의 비교를 위하여 2000년부터 2004년 사이에 발생한 126개 지진의 광대역 속도기록 자료를 이용하여 지역규모식의 거리수정항을 다음과 같이 새롭게 결정하였다.

$$- \log A_0 = 1.017 \log (r/17) + 0.00028(r-17)^2 + 2.0$$

이 결과는 한반도 남부의 변위 감쇠율이 미국 서부 지역보다는 낮고 동부지역보다는 높은 값이다. 이 결과는 김성균, 박민아(2002)가 제안한 지역규모식과 거의 일치한다. 이전에 연구된 지역규모식들의 차이는 주로 사용된 자료의 제한성에 기인하는 것으로 추정된다.

**주요어** 한반도 남부, 지역규모, 거리수정항

**ABSTRACT** The local magnitude scales yield in the Southern Korean Peninsula following the Richter's original definition are reviewed. In order to compare the previous  $M_L$  scales, the new distance correction term of  $M_L$  scale is derived as

$$- \log A_0 = 1.017 \log (r/17) + 0.00028(r-17)^2 + 2.0$$

using broadband velocity seismograms from 126 local events occurred from 2000 to 2004. The attenuation rate of this formula fall between those of western and eastern North America. This result is in nearly accord with the  $M_L$  scales proposed by Kim and Park(2002). The differences between various  $M_L$  scales is owing to insufficient seismic data not to distribute whole area of Southern Korea.

**Key words** Southern Korea, local magnitude, distance correction

### 1. 서 론

중규모 이상의 지진 발생 빈도가 낮은 우리나라에서는 1990년대 후반 까지 지진관측망이 잘 갖추어져 있지 않아 지역 규모 식을 유도하기에 충분한 자료가 축적되어 있지 않았다. 최근 다수의 단주기 관측소 외에도 STS-2와 CMG-3 지진계가 설치된 광대역 관측소가 운영되면서 중·소 규모의 지진들에 정밀한 분석이 가능해져 이제는 고유한 지역규모식을 개발할 수 있을 정도의 자료가 생성되고 있다. 몇몇 연구자(강익범, 2000; 홍태경 등, 2000; 김성균, 박민아 2002)들이 Richter (1935)의 지역규모 정의에 부합하는 국내의 지진규모식

을 제안하였다. 강익범(2000)의 식은 한반도와 중국 동부·북부에 위한 5개의 광대역 관측소 자료로부터 지역 규모식을 개발하였으며 홍태경등은 경상분지 일원에 위치한 지질자원(연) 단주기 관측소 기록에서 연구를 수행하였다. 김성균과 박민아(2002)는 12개의 단주기와 9개의 광대역 관측소 기록을 사용하였는데 홍태경 등의 결과와는 다소 다른 결과를 보여준다.

이 연구의 목표는 현재 우리나라에서 운용되고 있는 모든 광대역 관측소에서 기록된 지진자료를 이용하여 유용한 지역규모식을 개발하고, 특히 이전 연구가 다소 상이한 결과를 보이는 원인을 분석하여 하나의 지역규모식을 제안하는 것이다.

Corresponding Author : 신진수(jinsooi@kigam.re.kr)

원고접수일 : 2005년 10월 12일 게재승인일 : 2005년 11월 15일

## 2. 지진 자료

지역규모식 평가를 위하여 34개 광대역 관측소의 지진기록을 수집하였다. 자료는 2000년 1월부터 2004년 5월 까지 기간중 발생한 126개 지진으로부터 기록된 것이다. 이 횟수가 이 기간 중 발생한 전체 지진 발생수는 아니다. 지질자원(연) 지진 목록 중에  $M_{KIGAM}$  가 2.5 이상으로 평가 되는 지진만을 선정하였다. 그림 1은 각 관측소와 진앙위치를 보여준다. 비록 현재 다수의 단주기 관측소가 운용중에 있어 이들 자료를 포함하면 더 많은 자료를 얻을 수 있으나 여기에서는 이를 배제하였다. 단주기 관측소들이 대부분 우리나라 동남부에 집중적으로 위치하고 있어 이 곳의 자료가 포함되면 흥태경등, 김성균과 박민아(2002)등에서 나타난 진앙거리 분포가 200 km 이내에 집중되는 현상을 보일수 있다. 또한 광대역 기록으로 자료를 단일화하면 기기보정 과정을 단순화 할수 있어 이 과정에서 발생할수 있는 수치적 보정 오차를 최소화 할수 있다.

자료의 전처리 과정에서 제주에 위치한 JJU와 SOG 관측소의 기록은 자료의 수가 적고 진폭 크기도 작아 거리수정항 역산과정이 불안정하게 하는 것으로 나타나 이들 관측소 기록은 모두 사용하지 않았다. 또한 각 관측소에서 동서방향 최대 진폭과 남북 방향 최대 진폭의 비가 10배 이상 또는 0.1 이하인 자료는 기록 당시에 관측소가 비정상적으로 가동된 것으로 판단되어 모두 제거 하였다. 최종적으로 종합된 자료는 125회 지진으로부터 32개 광대역관측소에 기록된 1558×2개(동서,남북 방향 성분)이다.

## 3. 거리 수정항 결정

최초지역규모식 결정에서 Richter(1935)는기준거리를 100 km로 하였는데 지역거리에서 중요한 역할을 하는 S파가 지역적인 전파특성을 갖은 단점을 지니고 있다. Boore(1989)는 지역적인 감쇠현상 차이를 해결하기 위하여 기준거리를 진원에 보다 인접한 17 km로 할 것을 제안하고 거리 수정항을 다음과 같이 표시하였다.

$$\begin{aligned}
 & - \log_{10} A_0 \\
 & = n \log_{10}(r/17) + K(r-17) + 2.0 \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서,  $A_0$ 는 우드앤더슨 최대 변위 진폭,  $r$ 는 진원거리 그리고  $n$ 과  $K$ 는 각각 전파거리가 증가 함에 따라 진폭이 감소하는 기하학적 요소와 매질의 비탄성적인 성질에 의한 비기하학적 요소를 나타내는 감쇠계수이다. 여기에서는 관측된 지진자료로부터 거리수정항 결정에 위식을 적용하였다.

최소자승법에 의한 거리수정항 역산의 결과는 대상 범위의 평균적인 감쇠효과를 반영한다. 그러나 지진자료가 제한적이어서 자료의 거리분포가 균질하지 않으면 자료수가 밀집한 지역의 감쇠특성이 전체 결과로 대표되는 수치적인 오류가 발생한다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 거리 보간법이 사용되는데 이 역시 각 소구간 내에서 충분한 자료의 수가 확보되어야한다. 여기에서는 거리에 따라 자료의 분포가 일정하지는 않지만 한 곳에 집중되는 현상은 나타나지 않았기 때문에 최소자승법을 수정없이 적용하였다. 총  $M$ 개의 지진과  $N$ 개 관측소가 있을때 역산 과정에서 기본적인 방정식의 구조는

$$\begin{aligned}
 \log_{10} A_{ij} + 3.0 = \\
 n \log_{10}(r_{ij}/17) + K(r_{ij} - 17) + M_i + S_j \quad (2)
 \end{aligned}$$

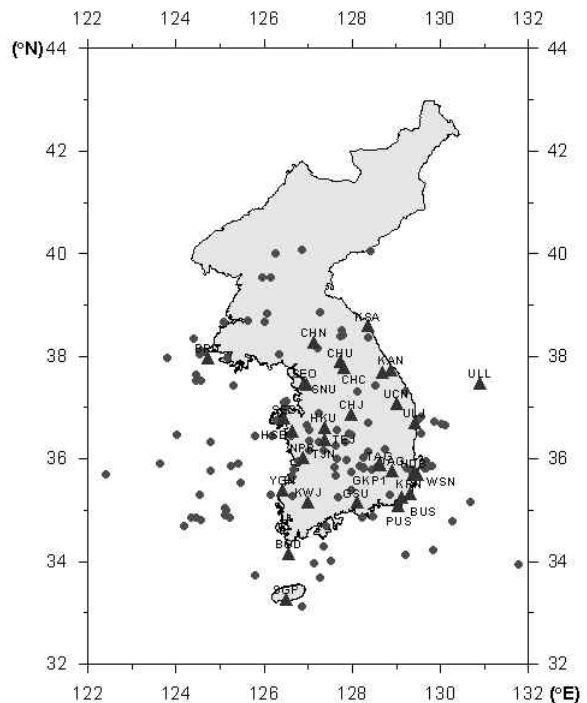


Fig. 1 Broadband stations and earthquakes occurred in the period from 2000 to 2004. 126 events are used in the study.

와 같다. 여기서,  $A_{ij}$ 는  $i$ 번째( $i=1, \dots, M$ ) 지진으로 인하여  $j$ 번째( $j=1, \dots, N$ ) 관측소에서 기록된 우드앤더슨 최대 변위 진폭이다. 식 (4)는 최소자승법 역산에 적용되는 행렬식으로 표현되며(홍태경 등, 2002) 최종적으로 구해지는 파라미터는 감쇠상수  $n$ ,  $K$ 와 관측소 보정요소  $S_j$ , 그리고 각 지진의 규모  $M_i$ 이다. 역산 수행으로 최종적으로 구해진 거리 수정항은

$$-\log A_0 = 1.017 \log(r/17) + 0.00028(r-17)^2 + 2.0 \quad (3)$$

이다. 그림 2는 연구에서 사용된 지진기록들에서 거리 수정항 역산 결과를 나타낸다.

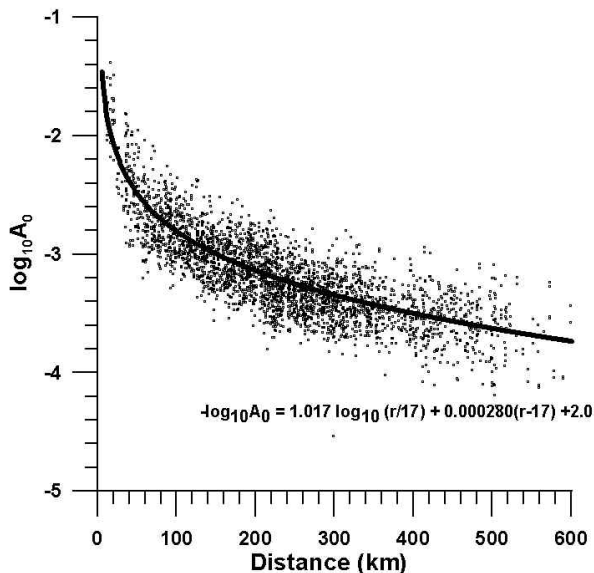


Fig. 2 The attenuation of distance correction term obtained from the broadband records.

#### 4. 결 론

최종적으로 구해진 지역규모식의 거리 수정항을 다른 지역과 비교하면 미국 서부지역(Hutton and Boor, 1987)보다는 감쇠비가 적은 것이다. 이는 동일한 변위 진폭이라도 규모가 낮게 평가 되는 것을 의미한다. 또한 홍태경 등(2000)의 결과 보다 감쇠 정도가 낮고 김성균, 박민아(2003)의 결과와 거의 일치한다. 홍태경 등(200)의 거리수정항의 감쇠 정도가 다르게 나타나는 것은 지진자료가 거의 정상분지 일대로 제한적으로 분포하여 한반도의 전체적인 지진파 전파특성을 반영하지 못하여 생긴 결과로 생각된다.

#### 감사의 글

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업 “지진통합 관측망 운영 및 신속경보시스템개발연구”의 지원에 의하여 수행되었다.

#### 참고문헌

- 강익범, 2000, 한반도 지진재해도 작성을 위한 한반도 지진규모 계산식에 관한 연구, 방재연구, 국립방재연구소, 52-56p
- 김성균, 박민아, 2002, 한반도의 국지 지진규모, 지질학회지, 제 38권 2호, 217-235.
- 홍태경, 박창업, 신진수, 2000, 한반도 남부 지진의 지역규모식, 지질학회지, 제 36권 4호, 545-558.
- Boore, D.M. (1989). The Richter Scale: Its Development and Use for Detecting Earthquake Source Parameters, *Tectonophysics*, 166, 1-14.
- Hutton, L.K. and Boor, D.M., 1987, The  $M_L$  Scale in Southern California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 77, 2074-2094.
- Richter, C.F., 1935, An Instrumental Earthquake magnitude Scale, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 25, 1-31.in-Eastern Sierra Nevada from Synthetic Wood-Anderson